

*Гильфанов Камиль Хабибович, доктор технических наук, профессор  
профессор кафедры «Автоматизация технологических процессов и  
производств», Казанский государственный энергетический университет  
Россия, г. Казань*

*Петрова Ирина Владимировна, магистрант 1 курс, кафедра «Теоретические  
основы теплотехники», Казанский государственный энергетический  
университет, Россия, г. Казань*

## **ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ СЕПАРАТОРА С СООСНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ ТРУБАМИ ПРИ ОЧИСТКИ ГАЗА ОТ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ**

**Аннотация:** Для повышения эффективности очистки газов от частиц размером до 20 мкм и увеличения эксплуатационного срока службы рукавных и электростатических фильтров в работе предложена конструкция центробежного сепарационного устройства с соосно расположенными трубами, которое предлагается устанавливать перед аппаратами тонкой очистки. Описание принцип действия данного устройства. Представлены численные исследования газодинамики в сепарационном устройстве в программном комплексе ANSYS Fluent. В работе получено, что наиболее стабилизированная вихревая структура в межцилиндрическом пространстве центробежного сепарационного устройства достигается при ширине щелей – 12 мм и входной скорости газового потока – 10 м/с, так как при данных параметрах образовавшиеся вихри имеют наиболее эффективный радиус, при котором расстояние между вихрями является минимальным, позволяющим соседним вихрям дополнительно друг друга раскручивать.

**Ключевые слова:** сепаратор, улавливание мелкодисперсных частиц, циклон, мелкодисперсная пыль, запыленный поток, очистка газа, частицы пыли, загрязненный воздух.

**Annotation:** To increase the efficiency of cleaning gases from particles up to 20 microns in size and increase the service life of bag and electrostatic filters, the design of a centrifugal separation device with coaxially arranged pipes is proposed, which is proposed to be installed in front of fine cleaning devices. Description The principle of operation of this device. Numerical studies of gas dynamics in a separation device in the ANSYS Fluent software package are presented. It is found that the most stable vortex structure in the inter-cylindrical space of the centrifugal separation device is achieved with a slit width of 12 mm and an input gas flow velocity of 10 m / s, since the resulting vortices have the most effective radius with the minimum distance between the vortices, which allows neighboring vortices to further unwind each other.

**Keywords:** separator, fine particle capture, cyclone, fine dust, dusty flow, gas cleaning, dust particles, polluted air.

Важной задачей большинства промышленных предприятий является качественная очистка газовых потоков от мелкодисперсных частиц размером менее 10 – 20 мкм. Неуловленные мелкодисперсные частицы в очистительном процессе на промышленных предприятиях являются причиной поломки аппаратов, вследствие их забивки различной грязью, которая образуется путем накопления пыли [1; 2; 3]. Также неуловленные мелкодисперсные частицы зачастую становятся причиной понижения характеристик аппаратов, повышения гидравлического сопротивления трубопроводов и приводят к взрывоопасным и пожароопасным ситуациям. Например, на газораспределительных станциях мелкодисперсные частицы при попадании в технологическое и газорегуляторное оборудование ухудшают их работу [4; 5; 6; 7; 8].

Для решения проблемы очистки газовых потоков от мелкодисперсных частиц существует большое количество разнообразных аппаратов, существенно

отличающихся друг от друга конструкцией и принципом действия. Однако, на текущий момент времени универсального аппарата, удовлетворяющего всем технологическим требованиям, получено не было [9].

В работе рассмотрено разработанное сепарационное устройство, которое работает преимущественно за счет действия центробежных сил [10]. Устройство представлено на рисунке 1. Сепарационное устройство представляет собой цилиндрический корпус 3, внутри которого располагается внутренняя цилиндрическая труба с прямоугольными щелями 4. В верхней части сепарационного устройства имеется центральное круглое отверстие 1, которое служит входным патрубком. По направлению к периферии от входного патрубка располагается осесимметричный ряд круглых отверстий, которые образуют выходные патрубки из сепарационного устройства. Следует отметить, что достоинством разработанного сепарационного устройства является простота изготовления, так как основными конструкционными элементами являются внутренняя и внешняя цилиндрические трубы, которые можно подобрать по ГОСТу. Таким образом, изготовление данного устройства возможно в слесарном цехе предприятия.

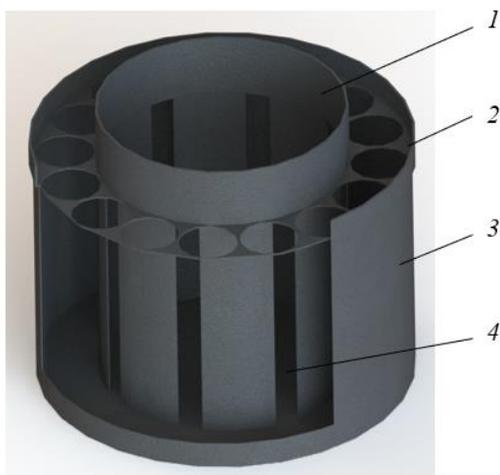


Рисунок 1 – Трехмерная модель центробежного сепарационного устройства с соосно расположенными трубами (вид с разрезом): 1 – входной патрубок внутренней цилиндрической трубы, 2 – решетка с круглыми отверстиями, 3 – корпус сепарационного устройства, 4 – прямоугольные щели

Принцип действия сепарационного устройства можно описать следующим образом: запыленный газовый поток мелкодисперсными частицами размером до 20 мкм поступает в устройство через входной патрубок 1, затем движется по нормали относительно дна сепарационного устройства вниз, по мере того, как поток достигает те области, которые параллельны прямоугольным щелям, он начинает равномерно распределяться по ним. Следует отметить, что при распределении запыленного газового потока по прямоугольным щелям, он постепенно изменяет свое направление движения, что способствует выпадению частиц пыли из потока размером более 20 мкм, которые не были уловлены на первой ступени очистки. Далее каждая струя запыленного газового потока при выходе из прямоугольных щелей разделяется на две части, которые двигаются в противоположных направлениях относительно друг друга, образуя завихрения. Особенностью сепарационного устройства является то, что каждое завихрение при своем вращении имеет точки контакта с соседними завихрениями. При контактировании соседних завихрений осуществляется дополнительное взаимное ускорение. Вращаясь, газовый поток поднимается по межцилиндрическому пространству в верхнюю часть устройства и выходит из сепарационного устройства через выходные отверстия 2. Следует отметить, что при вращении газового потока в межцилиндрическом пространстве устройства возникают центробежные силы больших значений, которые способствуют сепарации мелкодисперсных частиц пыли из запыленного потока, которые при выбивании из структуры движения газа попадают в застойные зоны, в которых они оседают на дно устройства или прилипают к поверхностям стенок сепарационного устройства. Как видно из описания принципа действия сепарационного устройства главную роль занимает образование стабилизированной вихревой структуры в межцилиндрическом пространстве.

В ходе проведения численных расчетов в программном комплексе ANSYS Fluent при входной скорости газового потока 10 м/с и ширине щели 12 мм была получена устойчивая вихревая структура, которая позволяет с высокой

эффективность сепарировать мелкодисперсные частиц из газового потока (рис. 2).

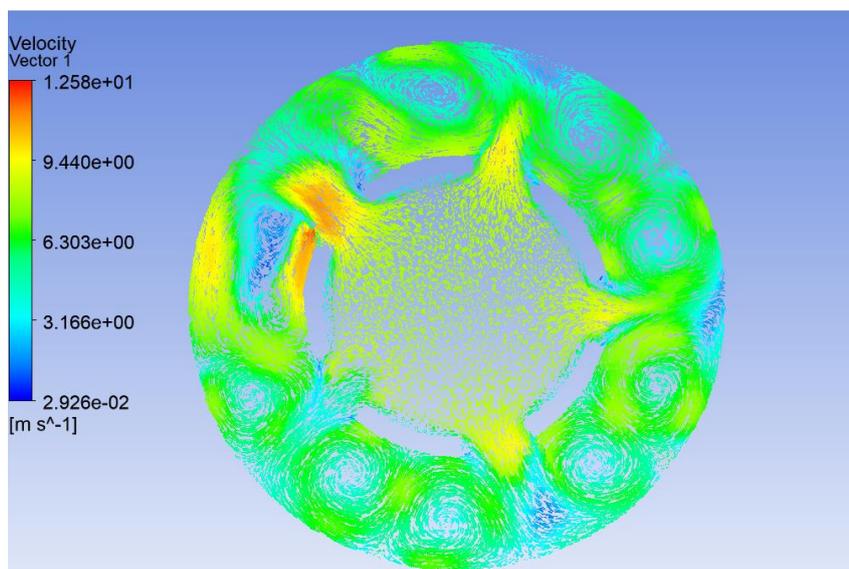


Рисунок 2 – Визуализация газодинамики в центробежном сепарационном устройстве с соосно расположенными трубами

Достоинствами разработанного центробежного сепарационного устройства с соосно расположенными трубами является простота конструкции, высокая эффективность, низкие потери давления в устройстве, низкие эксплуатационные и капитальные затраты.

### **Библиографический список:**

1. Зинуров, В.Э. Оценка времени работы пылеуловителя со скругленными сепарационными элементами / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, Т. С. Петрова, О. С. Дмитриева // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2020. – Т. 24. – № 3. – С. 606-615.
2. Зинуров, В. Э. Повышение эффективности аспирационных систем при обработке крахмалистого сырья / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, Р. Р. Мубаракшина // Ползуновский вестник. – 2020. - № 2. – С. 18-22.
3. Дмитриев, А. В. Очистка газовых выбросов котельных установок от твердых частиц / А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева, Ву Линь Нгуен

// Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2020. – Т. 22. - № 1. – С. 3-9.

4. Зинуров, В. Э. Улавливание мелкодисперсных капель из газового потока в сепарационном устройстве с двутавровыми элементами / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, О. С. Дмитриева // Промышленная энергетика. - 2020. - № 12. – С. 47-53.

5. Зинуров, В. Э. Численное моделирование процесса улавливания мелкодисперсных капель формальдегида в сепарационном устройстве с двутавровыми элементами / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, А. Р. Галимова, Г. Х. Гумерова // Вестник технологического университета. - 2020. – Т. 23. - № 11. – С. 82-86.

6. Зинуров, В.Э. Оценка энергетических затрат на улавливание мелкодисперсных частиц в сепараторе с дугообразными элементами / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, В. В. Харьков, Т. С. Петрова // Вестник технологического университета. – 2020. – Т. 23. - № 2. – С. 82-85.

7. Зинуров, В. Э. Влияние загрязнения пылеочистительного сепаратора мелкодисперсной пылью на энергетические затраты в ходе его эксплуатации / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, О. В. Соловьева, Д. Н. Латыпов // Вестник технологического университета. – 2019. – Т. 22. – № 8. – С. 33-37.

8. Зинуров, В. Э. Исследование изменения эффективности очистки газового потока от мелкодисперсных частиц прямоугольным сепаратором при разной степени забивки дугообразных элементов пылью / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, О. В. Соловьева, Д. Н. Латыпов // Вестник технологического университета. – 2019. – Т. 22. – № 8. – С. 42-46.

9. Дмитриев, А. В. Экспериментальные исследования очистки загрязненных газовых потоков от мелкодисперсных частиц в прямоугольном сепараторе / А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева, Ю. О. Семенова // Вестник технологического университета. – 2018. – Т. 21. – № 12. – С. 109-112.

10. Zinurov, V.E. The gas flow dynamics in a separator with coaxially arranged pipes / V. E. Zinurov, A. V. Dmitriev, G. R. Badretdinova, R. Ya. Bikkulov,

I. N. Madyshev // MATEC Web of Conferences. – 2020. – V. 329. – P. 03035. DOI:  
10.1051/mateconf/202032903035.